

Eng.º FERNANDO DE NOVAES

CAPTAÇÃO E
DESVIO DAS ÁGUAS
DE MONTANHA

SECRETARIA
DE
OBRAS PÚBLICAS
DO
ESTADO DA GUANABARA

CAPTAÇÃO E DESVIO DAS ÁGUAS DE MONTANHA

O CONGRESSO DE ENGENHARIA E INDÚSTRIA, realizado em dezembro de 1900, sugeriu em seus trabalhos de saneamento da cidade, os de circunvalação, de par com a drenagem e realçou a conveniência de libertar a parte plana da cidade, das águas que descem da montanha, encaminhando-as para certas partes do litoral. Uma dessas providências seria o canal de cintura que se desenvolveria pelas encostas que vertem para os bairros de Engenho Velho e Andaraí, e passando pela garganta existente entre os de Vila Isabel e Engenho Nôvo, iria desembocar no mar; outra seria a captação de modo análogo, das águas que vertem para a rua do Bispo, bairros do Rio Comprido e Catumbi, e das águas torrenciais de Santa Teresa e Paula Mattos, e seu encaminhamento pela rua Riachuelo em demanda da praia da Glória.

Em 1920 o Eng.º Costa Moreira estudou a circunvalação da montanha, interessando aos rios Maracanã e Joana, e em 1926 ampliou seu projeto, propondo a construção de um canal aberto, margeando uma via que se desenvolveira desde a rua Barão de Bom Retiro até rua Humaitá numa extensão de 20 km. Este canal captaria as águas de montanha, que por condutos forçados, seriam lançadas aos Rio Faria, ao Cais do Pôrto e à Praia de Copacabana. Esta solução, ampliou-a o Eng.º Alencar Lima, estudioso do problema, atribuindo maior extensão ao coletor das águas de montanha e à via marginal que, passariam a perfazer 37 km, contornando o maço montanhoso entre Piedade e Gávea.

Foram êstes os primeiros pronunciamentos e sugestões, desde o início do século a favor da acertada separação das águas superiores daquelas caídas na planície, que serviram para balizar o caminho a ser seguido, nos estudos posteriores, por diversos engenheiros que ao assunto se dedicaram.

Dentro da mesma ordem de idéias, isto é, sem se fugir da orientação fundamental de afastar da planície, por diversos, as águas de montanha, o Eng.º Ruchdi Salhab apresentou em 1928 um projeto, visando a interceptar aquelas águas, nos rios Joana, Maracanã, Trapicheiros e Caboclos, e conduzi-las em galerias subterrâneas com a extensão de 9 500 metros, até a praia de Botafogo.

Variante dêste projeto foi depois sugerida pelo Engenheiro Henrique de Novaes, reduzindo a extensão do túnel a 7 640 metros.

Colaborador de Alfredo Agache, o Eng.º A. Duffieux, apresentou solução com igual objetivo de separar as águas de montanha e aproveitá-las para o abastecimento da cidade, preocupando-se também com a redução dos efeitos de erosão, oriundos do ímpeto das águas vertentes, e propondo construção de canaletas, de fraca declividade, a meia encosta.

Quando da elaboração do projeto do Túnel do Uruguai, os engenheiros do Estado Feliciano Penna Chaves e Carlos Soares Pereira cogitaram também do estudo de uma galeria, visando a transferir para a contravertente as águas superiores do Rio Trapicheiro.

Igual cogitação houve quanto às águas superiores do Papa-Couve, quando se elaborou o projeto do Túnel Catumbi, medida que não se efetivou.

Dêsse ligeiro histórico sôbre o problema, se verifica que houve desde muito, a preocupação dos técnicos em disciplinar as águas que fluem com ímpeto, das encostas, e conduzi-las para o mar, afastando-as da planície.

Este desvio é que variou em sua concepção. Numa das soluções, previram-se condutos forçados para transpor a parte plana da cidade, em outras a transposição para a contravertente por meio de túnel, e conseqüente lançamento ao mar, das águas captadas.

Na mesma linha de solução para o problema, mas seguindo uma diretriz completamente diferente, foi proposto um Túnel cuja principal característica seria a de oferecer uma solução evolutiva para adução do excesso de descarga em diversas bacias, captando-as no término dos cursos superiores dos seus rios. Também o desaguadouro passaria a ser o mar aberto abandonando-se a idéia de o ser em lagoas ou baías.

Para devidamente equacionar esta solução criou-se uma Comissão composta de Técnicos nas várias especialidades que interessavam ao problema. Em 1968, mediante uma completa consulta a firmas especializadas contratou-se os serviços de uma delas para que, em sessenta dias, apresentasse um pré-estudo que permitisse a definição geométrica do Túnel em face de todos os dados disponíveis, geológicos, hidrométricos, aerofotogramétricos etc., e que também estimasse o seu custo e de suas obras complementares.

Feito êste pré-estudo, determinou a Comissão a elaboração do anteprojeto amparado em dados mais recentes mormente de natureza geológica dentro do conceito inicialmente esposado, ou seja, de obter-se um traçado de obra que pudesse ser ampliado para atender a outras bacias.

Hoje, definida a seção de 21 m² ao longo dos seus 7 000 metros de extensão e analisada a sua capacidade hidráulica, por meio dos comportadores da PUC e da Escola de Engenharia de Campinas, orçado o seu custo, em cêrca de NCr\$ 9.000.000,00 para a sua construção e feita a Concorrência Pública para a sua contratação, a SURSAN, em prazo "record" conseguiu planificar e pôr em execução obra reclamada há sessenta anos de forma veemente.

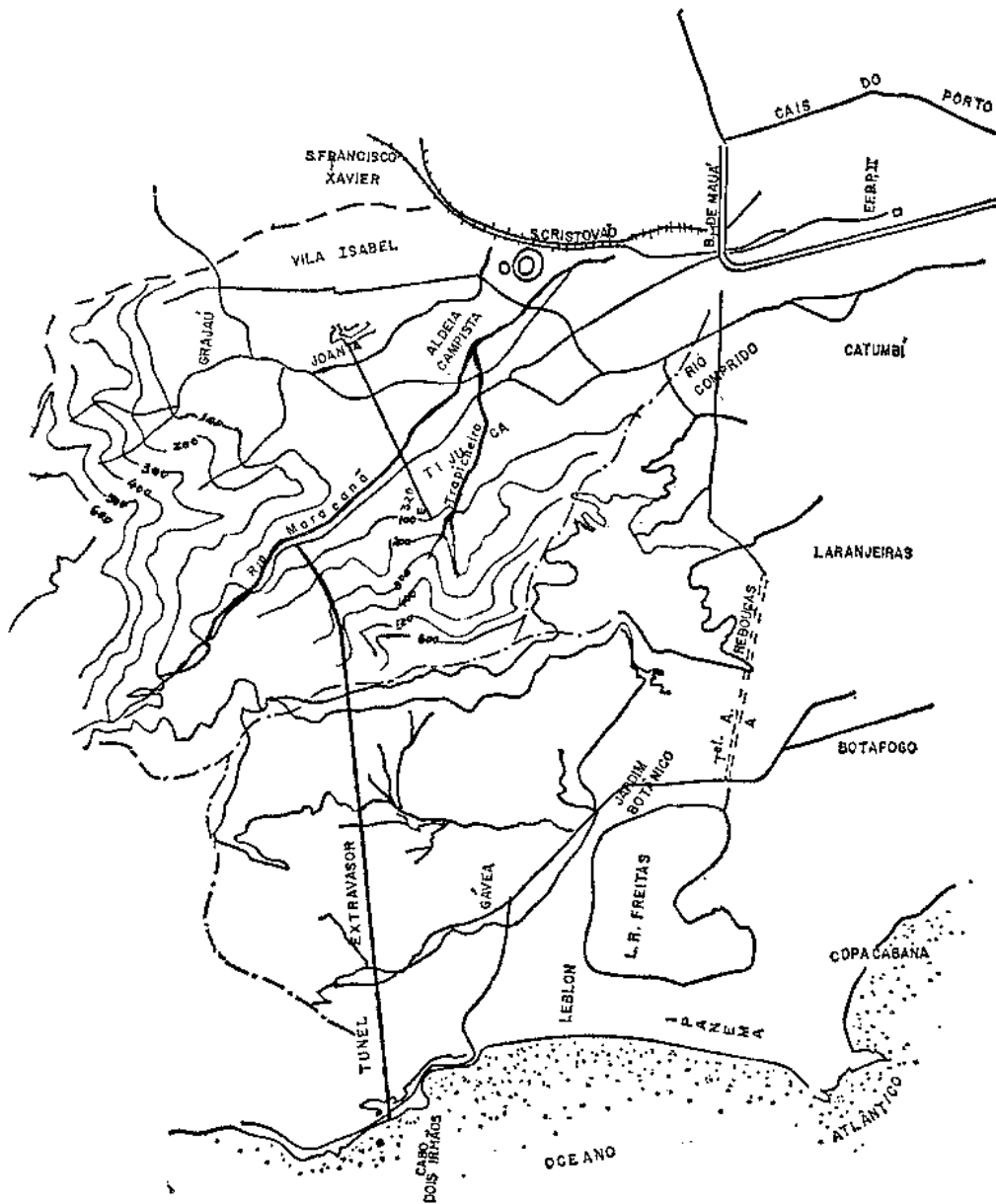
Sua direção geral é a que figura no pequeno mapa que ilustra êste escôrço. Inicia-se na altura da rua Agostinho, próximo ao Hospital da Ordem Terceira da Penitência, na cota 29,00 metros e atinge o mar, junto à Avenida Niemeyer, pouco acima do cabo Dois Irmãos na cota 6,00 m.

A comparação do seu custo com o de qualquer obra de superfície será inócua. De fato, como cogitar-se de outra solução em região densamente urbanizada, situada no sopé de íngremes encostas que impedem a simples cogitação de barragens regularizadoras e cuja parte plana é cortada por tôda a gama de serviços públicos, desde as vias férreas às linhas subterrâneas de água, luz, telefone etc. e que, ao final, desagüariam no Canal do Mangue, cuja capacidade máxima de vazão é de 180 m³/seg. É "in fine" um canal de tempestade adaptado à Topografia do Rio. E a solução radical para problema crônico oriundo de uma perspectiva de utilização de terra que se demonstrou falha, pois os projetos executados de canalização, como o do Rio Maracanã, feito em 1920, não levaram em conta, como não o poderiam fazer, o crescimento da cidade da forma como se deu, com o aumento espantoso de área impermeabilizada, devido à falta de elementos básicos para o seu dimensionamento futuro.

É também mais uma solução aparentemente arrojada, mas baseada totalmente nas modernas técnicas utilizadas pela engenharia de nosso tempo, cuja execução traz à mostra a imaginação, o discernimento e coragem desta equipe chefiada pelo engenheiro Raymundo de Paula Soares.

O projeto, que transcrevemos em parte e foi desenvolvido pela "Sondotécnica S/A", constou inicialmente, de duas etapas, a saber:

— Pré-estudo, visando a fornecer elementos básicos que possibilitassem a definição geral da geometria do túnel e de suas principais obras conexas, bem como a abertura de concorrência para a sua construção;



Situação geral do Túnel Extravisor

— anteprojeto, consistindo nos pré-dimensionamento hidráulico-estruturas, metragens e orçamento estimativo.

Seguindo esta orientação geral, foi apresentado inicialmente o pré-estudo. Posteriormente, já na fase de anteprojeto, foram realizados estudos de duas novas variantes, a saber:

— Túnel com opção em concordância das confluências das captações intermediárias do Macacos e Rainha; o resultado dêste trabalho indicou ser esta solução desfavorável no estudo comparativo com a solução tipo IV representativa do relatório do pré-estudo.

— Túnel dimensionado com os hidrogramas de enchentes cinqüentenárias, resultantes dos dados hidrométricos mais recentes fornecidos pelo serviço de hidrologia da SURSAN. Êste trabalho determinou uma seção transversal do túnel inferior à determinada no pré-estudo na alternativa IV. Os dados de precipitações e descargas usados para essa solução foram estudados para diversos períodos de recorrência.

Foram ainda apresentados na fase de anteprojeto:

— Relatório geológico preliminar, com primeira indicação dos resultados dêsses estudos;

— o relatório referente às especificações e orçamento preliminares que teve a finalidade de permitir a elaboração do edital de concorrência da obra antes do término do anteprojeto.

A sistemática adotada no anteprojeto seguiu de certa maneira a orientação preconizada nesses relatórios. Cabe esclarecer, entretanto, que após entendimentos verbais mantidos entre as equipes técnicas e engenheiros do projeto e da SURSAN, houve a formalização, por parte dêste órgão, de uma alteração quanto à finalidade do anteprojeto então em fins de elaboração, ou melhor, praticamente concluído, que provocou a mudança de seção do túnel. A alteração fixou que o anteprojeto deveria atender apenas à fase preliminar de execução das obras, especificando que:

— As obras de captação, poços e galerias de acesso teriam as dimensões correspondentes à etapa final, isto é, comportando as enchentes máximas de projeto.

— o túnel teria seção transversal de 21 m², sem revestimento.

Para a segunda fase da execução da obra, segundo esta alteração, seriam feitos novos estudos, tendo em vista o alargamento da atual seção provisória de 21 m². A futura seção deveria comportar as enchentes afluentes das bacias dos rios Maracanã, Joana, Macacos e Rainha.

Tendo em vista o definido e aprovado na fase de pré-estudo, foram definidos os elementos do anteprojeto.

Assoreamento e concepção geral

Os rios a serem captados têm bacias tributárias que não atingem 10 km², com declividades médias bem fortes, apresentando um transporte sólido importante, tanto em suspensão quanto em arrastamento junto ao fundo, êsse transporte sendo especialmente importante para os rios Maracanã e Joana.

Existe, portanto, o perigo de assoreamento, não só nas obras de captação, quanto no próprio túnel; cabe lembrar, aliás, no que se refere a êste último que na grande maioria das vezes seu funcionamento dar-se-á com descargas muito inferiores à sua capacidade de projeto. Assim, o funcionamento do túnel se caracterizará por longos períodos de descarga baixa, senão desprezível, entremeados de curtos períodos com descargas importantes.

Do exposto acima, conclui-se que, durante a maior parte do tempo em que funcionar, o túnel teria tendência a se comportar como um decantador devido aos períodos habituais de descarga reduzida; assim, caso não fôsse previsto um bom sistema desareador nas obras de tomada, verificar-se-iam depósitos de material, em particular nos locais onde houver mudanças bruscas de direção ou de velocidade de escoamento.

Esses depósitos constituir-se-iam em pequenas dunas irregulares, que se iriam desenvolvendo e deslocando com o correr do tempo.

Este problema não poderia ser resolvido simplesmente na base de uma velocidade de escoamento suficientemente elevada; de fato, as velocidades numa dada seção são variáveis, em direção e intensidade, de maneira que não é possível garantir que, mesmo com valores médios altos, não venham a ocorrer fenômenos de sedimentação. De outro lado, com o correr do tempo verificar-se-ia a adesão do material depositado no fundo do túnel, constituindo verdadeiras incrustações, devido à existência de longos períodos em que a obra ficaria a seco.

Finalmente, visto o comprimento do túnel, seria ilógico pensar-se em termos de limpeza mecânica permanente, por ser uma solução certamente antieconômica.

Assim sendo, as obras de captação foram concebidas de molde a evitar ao máximo a entrada de material sólido no túnel. Mesmo assim, é aconselhável prever limpezas ocasionais, impossíveis de prever, mas que a prática mostra que podem ocorrer.

As obras de captação poderiam ter diversas soluções que atendessem igualmente ao problema da sedimentação do transporte sólido acima exposto.

Mas, caso se optasse por solução clássica de barragem de porte médio, haveria evidentemente um custo excessivo de desapropriação e, além disso, do ponto de vista hidráulico, não faria muito sentido, uma vez que o material sólido se encarregaria de aterrâ-las, talvez em prazo muito curto após o término das obras, como tem ocorrido.

Por esse motivo e para tal fim foram previstas obras de captação do tipo subálveo, transversais à direção geral do escoamento, caindo o material através de aberturas dispostas horizontalmente, providas de grades de proteção, evitando a

entrada de troncos de árvore, galhadas e pedras, que tomarão o curso do rio, sem obstruir as grades.

As águas assim captadas seriam ainda depuradas, permitindo o depósito de areia grossa e fina, antes de sua entrada no túnel, utilizando-se os dispositivos adiante descritos.

De outro lado, estas obras foram concebidas para permitir o controle da descarga a ser aduzida ao túnel, mediante a manobra de comportas de setor. Assim, a flexibilidade das obras é tal que é possível, seja desviar todo o rio para o túnel, deixando seu leito em seco, seja evitar totalmente a entrada de água no túnel, por exemplo, na ocasião de serem feitos reparos ou limpezas no mesmo.

Convém acrescentar que esta grande flexibilidade operacional não se traduz por nenhum ônus suplementar nas obras de captação, cujo dimensionamento foi feito atendendo aos imperativos de ordem hidráulica.

Acredita-se que o sistema preconizado reduza a descarga sólida de, pelo menos, 80% no interior do túnel, diminuindo sensivelmente as possibilidades de obstrução por assoreamento.

Já situados os problemas de assoreamento e a concepção das obras de captação, de acordo com a orientação traçada no pré-estudo, não houve razão nova para que se alterasse o sistema preconizado anteriormente.

O túnel, entretanto, não acompanhou a sistemática do pré-estudo conforme as razões já expostas.

Procuraram-se no dimensionamento hidráulico as declividades mais convenientes ao escoamento, compatíveis com as suas características, observando-se as condicionantes das tomadas d'água do Maracanã, do Macacos e do Rainha e a saída próxima à Av. Niemeyer.

A concepção geral desta obra fixou também as seguintes restrições fundamentais:

— a tomada d'água do Macacos caso seja construída nesta etapa preliminar, não deverá entrar em funcionamento;

- idem, quanto à tomada d'água do Rainha;
- a tomada d'água do Maracanã somente deverá aduzir uma descarga de 37,1 m³/seg, obedecendo as características geométricas e de acabamento da seção transversal do túnel;
- em nenhum momento o túnel poderá entrar em escoamento sob pressão.

Descrição geral das obras

A tomada d'água do Maracanã foi dimensionada tendo-se em vista uma descarga afluyente máxima proveniente dos rios Maracanã e Joana, avaliada em 135,7 m³/seg.

Trata-se de uma estrutura de concreto armado, apresentando uma forma aproximada de setor circular com dimensões máximas de 80 por 60 m.

O leito do rio deverá ser regularizado, tendo-se previsto cortes para a retificação do mesmo, bem como canais de concreto com 35 m de largura e comprimento total de 45 m, situados a montante e jusante da tomada d'água.

À entrada da tomada existe um pequeno degrau de 2,5 m de desnível, após o qual situa-se a soleira com 35 m de largura, sôbre esta previram-se 14 setas munidas de ranhuras para barragens de emergência (*stop-logs*). No período de estiagem a colocação dos *stop-logs* permitirá o desvio das águas dos rios para uma galeria auxiliar de descarga situada na margem esquerda da tomada.

Esta galeria de 12 m² de seção e 80 m de comprimento é controlada por duas aberturas de 3 m x 2 m, munidas de comportas de setor com as mesmas dimensões.

Após ultrapassarem a soleira, as águas escoadas encaminham-se por duas câmaras de 45 m de comprimento, separadas por uma parede de apoio da laje de cobertura; a captação para uma câmara inferior é realizada por quatro aberturas existentes na laje do piso destas câmaras, com área total de 300 m², protegidas por grades.

As águas caem em quatro canaletes de decantação, de 3 m de largura, cujo fundo tem forte declividade, vertendo, por meio de aberturas laterais, para a câmara de decantação inferior, com fundo na cota 35,75 m, de onde as águas finalmente transbordam sôbre um vertedor semi-retangular com 140 m de comprimento, até atingir o início do túnel, com soleira na cota 29,00 m.

A limpeza de cada canaleta de decantação é feita mediante abertura de uma comporta de setor, controlando uma abertura de acesso à galeria de descarga já referida, destarte, criaram-se fortes velocidades que permitem a remoção do material sólido depositado.

A limpeza das câmaras de decantação é feita com jatos d'água, o material sendo conduzido para uma abertura existente à esquerda da tomada, controlada por uma adufa de setor.

Lembramos também que o material sólido removido, quer dos canaletes, quer das câmaras de decantação, é encaminhado pelas já referidas aberturas previstas à esquerda da tomada, para a galeria de descarga que possui uma declividade compatível com o transporte sólido; acima desta galeria existe a sala dos mecanismos de manobra das comportas.

É interessante salientar que o jôgo de abertura ou fechamento das adufas permite um contrôle total das descargas desviadas para o túnel.

As obras de captação do Macacos e do Rainha consistem de um conjunto idêntico quanto à concepção e forma. Suas tomadas d'água, galerias de derivação aos poços verticais e galerias de acesso ao túnel, têm a mesma capacidade, sendo previstas para uma enchente da ordem de 30 m³/seg.

Quanto à concepção hidráulica das estruturas das tomadas, obedecem ao mencionado anteriormente, relativamente à tomada do Maracanã.

As tomadas d'água do Macacos e do Rainha apresentam a forma de um vertedor clássico, de concreto, com 12,35 m de largura, munido de aberturas superiores na soleira; a área destas aberturas é de cerca de 68 m², tendo-se previsto grades para protegê-las da entrada de corpos estranhos e algum material sólido mais graúdo.

A montante das aberturas existem umas ranhuras para *stop-logs* nas paredes dos pilares de um passadiço superior. Desta maneira se fôr necessário no período de estiagem, poderemos retirar uma ou mais aberturas de funcionamento para limpeza das grades.

Por outro lado, as águas passando pelas aberturas caem num canaleta que serve de bacia primária de decantação, situada na bacia antes do vertedor e em seguida o escoamento prossegue por aberturas laterais de 6,00 m de largura total existentes, ao lado direito da tomada.

A água vertente cai numa bacia secundária de decantação onde existe um vertedor semi-retangular com 23 m de comprimento por onde as águas verterão após para a galeria de derivação de 1,50 x 3,00 m que as encaminha aos poços verticais e galerias de acesso.

O material graúdo deverá ficar decantado nestas duas bacias. Sua limpeza poderá ser feita quando se tratar do canaleta interno, por uma comporta de 1,50 x 2,00 m que controla uma abertura existente na face esquerda da tomada.

Este canaleta possui uma declividade acentuada, tendo em vista sua finalidade. Da mesma forma na segunda bacia existe uma abertura a jusante, munida de comporta de 2,50 x 1,50 m.

Quando fôr necessário a abertura das comportas, a varredura hidráulica obriga a saída do material sólido depositado pela água.

Foram previstos dois passadiços: o primeiro sobre a estrutura das tomadas, tem um prolongamento sobre o qual situa-se o mecanismo de manobras da adufa situada na saída do

canalete interno; o segundo passadiço situa-se sôbre a comporta que contrôla a segunda bacia de decantação. Sôbre seu piso foi previsto o mecanismo de manobras desta adufa.

Lateralmente à estrutura da tomada, previram-se os aterrados que constituirão as ombreiras do pequeno barramento, formado entre a estrutura dos muros laterais e o terreno.

Os poços têm seção transversal circular, com diâmetro externo de 5,00 m tendo o do Rainha 20 m de altura e o do Macacos, 40 m.

Existe uma casa de acesso aos poços, situada em seu tópo que serve também de proteção para evitar qualquer acidente.

Os poços foram previstos com um revestimento de concreto armado.

As galerias de acesso que encaminham as águas ao túnel têm uma seção composta com teto em abóbada, de 22 m². Previu-se também, um revestimento de concreto armado em virtude dos estudos de Geologia e Geotécnica. Os comprimentos totais desta galerias são de 150 m a do Macacos e 300 m a do Rainha.

Túnel extravasor pròpriamente dito

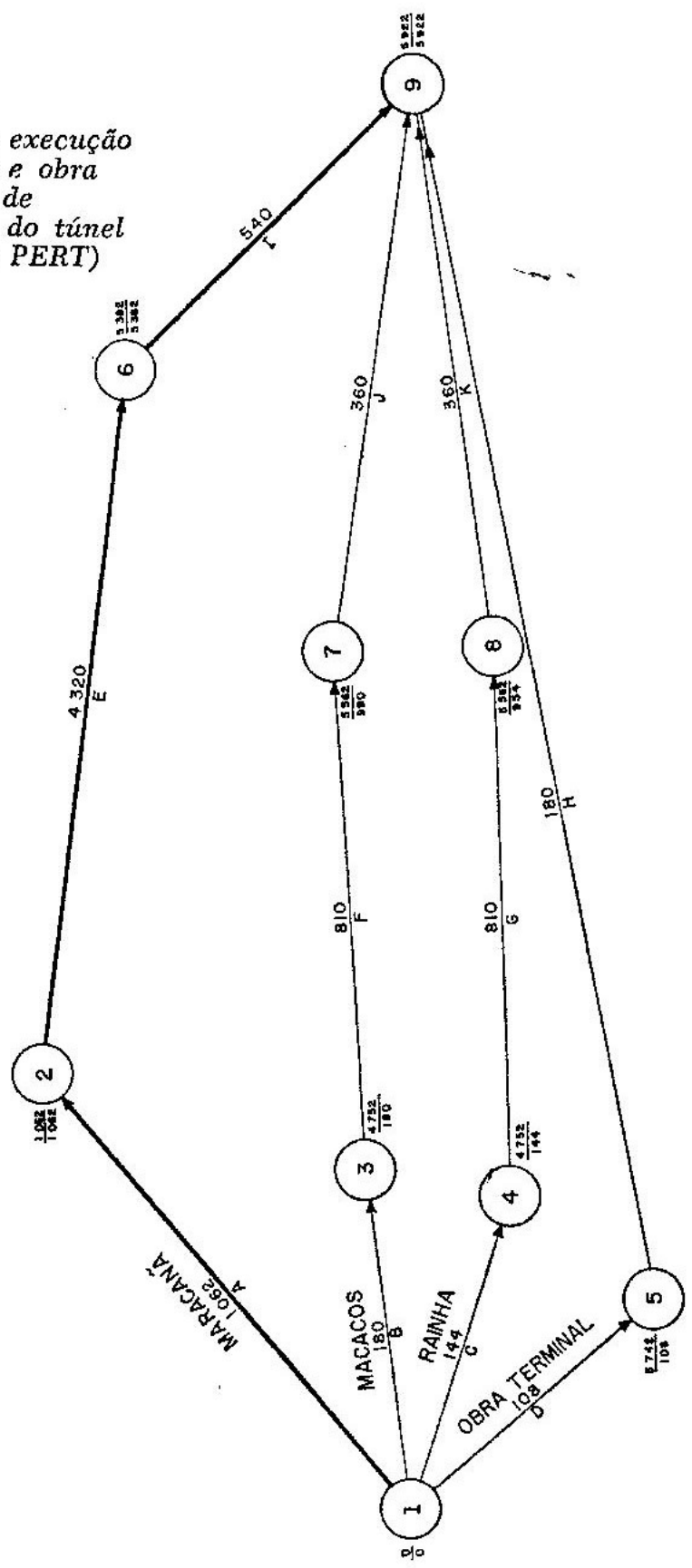
O túnel foi concebido na fase do pré-estudo para atender às enchentes nas zonas das bacias dos rios Maracanã, Joana, Macacos e Rainha.

A concepção do traçado entretanto teve em vista não só a solução presente, que poderia ser chamada preliminar, bem como seu posterior alargamento.

O traçado em planta do túnel e a locação das obras de captação estão definidos por sua seção transversal de 21 m² de área útil sem revestimento, com declividade de 0,0035.

O túnel deverá trabalhar como canal, isto é, em escoamento livre, sendo seu comprimento total de 6 500 metros, aproximadamente, a partir do encontro com a tomada do Ma-

PERT de execução
 captação e obra
 da obra de
 terminal do túnel
 (2.^a fase PERT)



racanã até a saída na Av. Niemeyer. Este túnel apresenta as seguintes extensões parciais:

Maracanã	—	Macacos	=	3.200 m
Macacos	—	Rainha	=	1.650 m
Rainha	—	Niemeyer	=	1.650 m

As cotas de entrada e saída do túnel são respectivamente 29,00 e 6,00 m, ou sejam, 23 m de queda total.

Foram previstos revestimentos protetores de concreto nos trechos da rocha alterada além dos escoramentos metálicos. Nos trechos de rocha fraturada previu-se a utilização de chumbadores. À saída na Av. Niemeyer foi prevista uma obra terminal que consiste num corte, com paredes e fundo de concreto armado.

O túnel, nesta fase preliminar, apenas poderá aduzir a parcela correspondente a 27,4% da enchente máxima do Maracanã, conforme foi verificado no estudo hidrológico.

Em hipótese alguma poderão entrar em funcionamento as captações do Macacos e do Rainha nos períodos de enxurrada (enchentes).

Cômputo métrico e orçamento

Foram feitas a metragem (cubagem) e orçamento do túnel extravasor e das diversas obras correlatas nos três locais de captação: Maracanã, Macacos e Rainha.

Partindo dos pré-dimensionamentos do atual anteprojeto, procedeu-se à elaboração de orçamentos a fim de possibilitar apreciação global do problema em foco.

Para êste fim tornou-se preciso fazer algumas hipóteses de cálculo, indicadas a seguir, relativas às escavações em rocha, que se constituem na maior parcela do orçamento.

Cabe esclarecer que a seção do túnel foi considerada como sendo composta, coberta por abóbada.

Admitiu-se que as escavações seriam feitas a partir de seis frentes de ataque simultâneas, sendo duas localizadas nas

extremidades da obra e as outras quatro a partir das entradas das aduções do Macacos e do Rainha.

Vale esclarecer que o ataque das frentes III a IV será feito através dos poços verticais.

A escavação em rocha sã será executada a plena seção, com avanço médio de 2,5 m por explosão, utilizando nas diversas fases da escavação os mesmos equipamentos largamente empregados em obras do gênero.

O transporte do material proveniente da escavação nas diversas frentes foi previsto por vagonetes tracionados por pequenas locomotivas.

No caso dos poços verticais foram previstos guinchos de tambor duplo com torre de sustentação, motor de 60 cv e caçambas de 2,5 m³ de descarga de fundo.

Para o acesso à frente de ataque II foi prevista uma obra complementar, que poderá ser uma estrada em rampa, construída na rocha, com aproximadamente 400 m de comprimento ligando à Avenida Niemeyer.

A escavação em rocha fraturada será executada a plena seção, sendo recomendado o uso de chumbadores, por ser mais rápido e mais econômico que o escoramento com cambotas.

Finalmente, a escavação em rocha fortemente alterada será executada a plena seção. Considerou-se escoramento, enchimento com madeira e revestimento de concreto armado de 60 cm de espessura, utilizando concreto de traço T-300 com taxa de ferro de 60 kg/m³.

Tendo-se em vista o resultado dos estudos geológicos e geotécnicos previram-se com certa margem de segurança os volumes dos materiais a serem escavados.

Assim, no túnel considerou-se 15% do volume total da escavação, composto de rocha alterada e o restante de rocha sã.

Nas escavações a céu aberto os perfis individuais de sondagem permitiram interpretar e calcular os volumes de solo,

rocha alterada e rocha sã. De um modo geral, as obras de captação foram previstas com concreto, tendo um consumo de 300 kg de cimento por m³ e a taxa de ferro no concreto armado foi de 20 kg/m³.

Os preços (custos unitários) procuraram, quando possível, seguir as tabelas e as indicações da publicação "Especificações do Serviço de Contrôlo de Preços do Estado da Guabara".

Cronogramas de execução das obras

Para o contrôlo do andamento das obras de abertura do túnel extravasor foi utilizado o sistema PERT-CPM, subdividido em 2 fases, a saber:

1.^a Fase: Abrangendo as obras do túnel, pròpriamente dito, poços verticais e galerias de acesso do Macacos e do Rainha (quadros e listas de atividades da 1.^a fase PERT).

2.^a Fase: Abrangendo as obras de captação do Maracanã, Macacos, Rainha e obra terminal do túnel (quadros e listas de atividades da 2.^a fase PERT).

Na primeira fase a obra foi dividida em 4 frentes de trabalho: Maracanã, Macacos, Rainha e Niemeyer, iniciadas simultâneamente e desenvolvidas, segundo ciclos de atividades compreendendo serviços de escavação, limpeza, escoramento e concretagem.

Na segunda fase as obras tiveram início simultâneo considerado após conclusão dos trabalhos de construção do túnel pròpriamente dito.

A interligação entre as duas fases é feita no início da atividade de serviços gerais, de limpeza e acabamento da 1.^a fase.

O PERT refere-se a períodos úteis de trabalho (18 horas diárias, divididas em 3 turnos de 6 horas).

Para o cálculo real de tempo deve ser considerado um aumento de 30% correspondente às horas de descanso etc. O

tempo real total previsto de duração das obras é de cerca de dois anos e sete meses.

Cronograma físico-financeiro

O cronograma físico-financeiro abordou o problema em 4 fases distintas:

a) — Macacos: com os trabalhos relativos à execução do poço e da galeria;

b) — Rainha: com os trabalhos relativos à execução do poço e galeria;

c) — Túnel: englobando todos os trabalhos de execução do túnel extravasor propriamente dito, sem a preocupação de se determinar explicitamente o andamento das diversas frentes de trabalho, especificadas no diagrama PERT.

d) — Obras finais: incluindo as obras de captação do Rainha, Macacos, Maracanã e a obra terminal do Túnel.

As fases relativas a Macacos, Rainha e Túnel receberam um mesmo tratamento geral, tendo sido cada obra dividida em 2 grandes grupos de atividades:

Escavação e concretagem

As durações das atividades no cronograma físico-financeiro foram obtidas através do diagrama PERT correspondente, que forneceu também os pontos iniciais para a execução das diversas fases dos trabalhos.

O cálculo dos custos para o cronograma foi baseado no orçamento do anteprojeto e feito por meio do estabelecimento de um *custo unitário diário e de faixas de despesas concentradas* (instalação, serviços gerais etc.) para cada um dos 2 grandes grupos de atividades já mencionados.

O cronograma físico-financeiro se refere a períodos úteis de trabalho (18 horas diárias, em 3 turnos de 6 horas).

Para o cálculo real de tempo deve ser considerado um aumento de 30% correspondente às horas de descanso etc. Assim, o tempo real previsto para a duração de execução da obra é de dois anos e sete meses.

